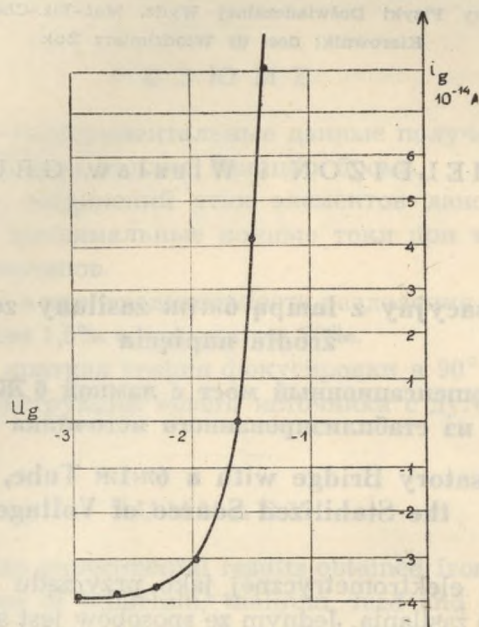


liśmy prądy siatkowe lamp 6ж1ж, EF9, EF6, RV2P800. Przeciętnie, na siedem lamp 6ж1ж, tylko jedna nadaje się na elektrometryczną. Zależność prądu siatkowego od potencjału siatki dla jednej wybranej lampy



Rys. 1. Zależność prądu siatkowego od potencjału siatki

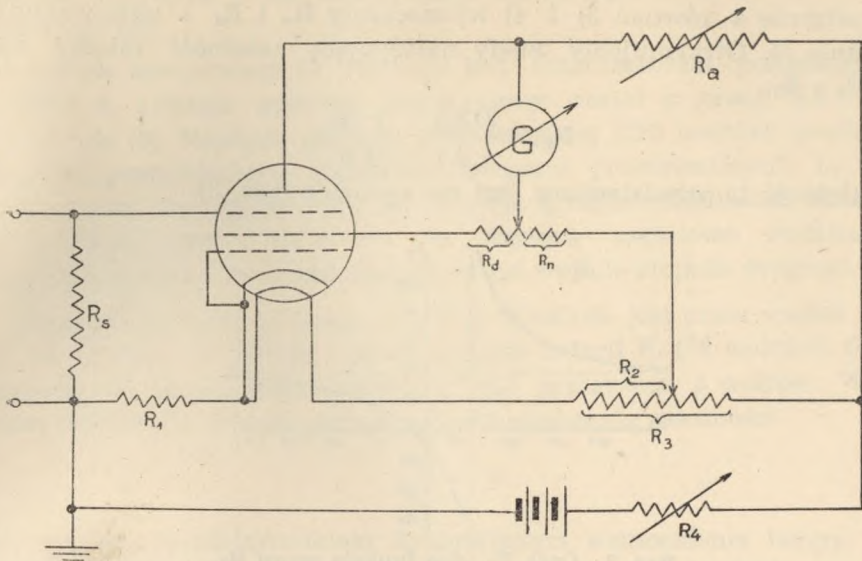
6ж1ж podana jest na rysunku 1 (dla punktu pracy prąd siatkowy $4 \cdot 10^{-14}$). Pozostałe lampy nie nadają się na elektrometryczne, gdyż w tych samych warunkach miały prądy siatkowe większe od 10^{-13} A.

Na lampy 6ж1ж przyłożono napięcia anodowe $U_a = 7,5$ woltów; napięcie na drugiej siatce od katody $U_n = 4,5$ woltów, napięcie na pierwszej siatce od katody $U_1 = 0$ woltów, przy czym prąd żarzenia $i_f = 0,095$ A.

Wybrana lampa 6ж1ж umieszczona została w mostku kompensacyjnym Penicka (rys. 2), w którym wartości oporów dobiera się tak, ażeby:

- napięcia na elektrodach lampy były takie, jakie lampa miała przy pomiarze prądu siatkowego,
- prąd galwanometru był w przybliżeniu równy zero,
- wskazówka galwanometru nie wychylała się przy zmianie napięcia zasilającego.

Uwzględniając powyższe trzy warunki, układamy pięć równań z sześcioma niewiadomymi $R_1, R_2, R_3, R_n, R_d, R_a$:



Rys. 2. Mostek kompensacyjny Penicka

- 1) $U_g = -i_f R_1$
- 2) $U_a - U_n = R_d i_n$
- 3) $U_n = U_f + i_f R_2 - R_n i_n$
- 4) $U_a = U_f + i_f R_3 - R_a i_a$

$$5) \frac{1 + R_a \left(\frac{\delta i_a}{\delta u_a} + \frac{\delta i_a}{\delta u_n} \right)}{1 + R_n \left(\frac{\delta i_n}{\delta u_n} + \frac{\delta i_n}{\delta u_a} \right)} = \frac{R_f + R_3 - R_a \left(\frac{\delta i_a}{\delta i_f} + R_1 \frac{\delta i_a}{\delta u_g} \right)}{R_f + R_2 - R_n \left(\frac{\delta i_n}{\delta i_f} + R_1 \frac{\delta i_n}{\delta u_g} \right)}$$

Współczynniki liczbowe występujące w ostatnim równaniu wzięte są z nachyleń odpowiednich charakterystyk:

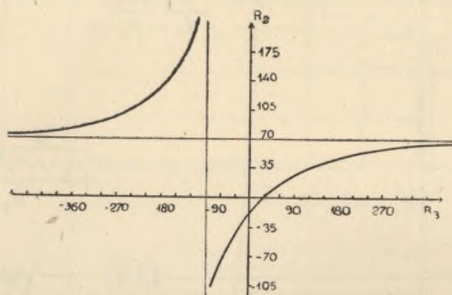
$\frac{\delta i_a}{\delta u_g} = 3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{A}}{\text{volt}}$	$\frac{\delta i_n}{\delta u_g} = -3,6 \cdot 10^{-6} \frac{\text{A}}{\text{volt}}$
$\frac{\delta i_a}{\delta i_f} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ ,,}$	$\frac{\delta i_n}{\delta i_f} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ ,,}$
$\frac{\delta i_a}{\delta u_a} = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ ,,}$	$\frac{\delta i_n}{\delta u_a} = -1,3 \cdot 10^{-6} \text{ ,,}$
$\frac{\delta i_a}{\delta u_n} = 6,6 \cdot 10^{-6} \text{ ,,}$	$\frac{\delta i_n}{\delta u_n} = 7,3 \cdot 10^{-6} \text{ ,,}$

Równania 1) i 2) rozwiązujemy niezależnie i otrzymujemy $R_1 = 23 \text{ om}$,
 $R_d = 0,25 \cdot 10^6 \text{ om}$.

Następnie z równań 3) i 4) wyznaczamy R_n i R_a i wstawiamy do równania 5). Otrzymujemy wtedy następującą zależność między oporem R_2 a R_3 :

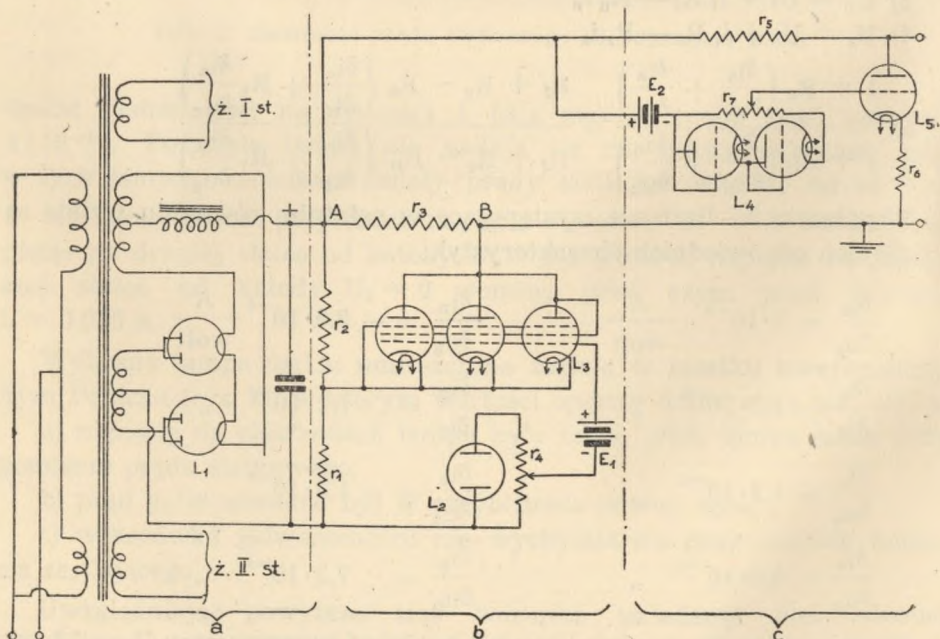
$$R_2 = \frac{213,4 - 7 R_3}{-9,1 - 01 R_3}$$

Zależność ta przedstawiona jest na wykresie (rys. 3).



Rys. 3. Opór R_2 jako funkcja oporu R_3

Z ostatniej zależności widać, że wartość oporu R_3 nie może być mniejsza od 30 omów. Wielkość jego określamy stąd, że napięcie źródła zasilającego mostek było 40 woltów ($R_3 = 340$ om), $R_2 = 50$ om. Mając



Rys. 4. Schemat stabilizatora

wartość oporu R_2 i R_3 obliczyliśmy opory $R_n = 0,29 \cdot 10^6$ om i $R_a = 1,5 \cdot 10^6$ om.

Mostek kompensacyjny zasilany jest stabilizatorem pokazanym na rysunku 4, którego schemat zapożyczony został z pracy Senetta, Pierce'a (5). Napięcie zmienne sieci miejskiej (220 woltów) prostowane układem prostowniczym z dwiema lampami prostowniczymi L_1 (AZ4), połączonymi równolegle (część a), rysunek 4, zasila stabilizator. Składa się on z dwóch stopni (b, c, ryc. 4). Napięcie częściowo stabilizowane w stopniu pierwszym przykładane jest na wejście stopnia drugiego.

Napięcie na siatkach lamp L_3 (6П3) określone jest przez spadek napięcia na oporze $r_1 = 200$ om i przez napięcie baterii E_1 (78 woltów). Spadek napięcia na całym potencjometrze r_4 nie przekracza 2 woltów. Warunkiem stabilizacji stopnia pierwszego jest spełnienie zależności.

$$\frac{r_2}{r_1} = \mu$$

gdzie μ jest współczynnikiem dynamicznym wzmocnienia lampy. Lampa L_2 (6H6) z bocznikującym potencjometrem $r_4 = 0,1$ M Ω ma na celu kompensację zmiany żarzenia lamp 6П3.

Stopień drugi stabilizatora jest zasilany napięciem 100 woltów z punktów A B, połączonych oporem $r_3 = 3000$ om. Spadek napięcia na oporze r_5 wynosi 60 woltów, na wyjściu więc mamy napięcie 40 woltów. Dwie lampy L_4 (6N7) połączone szeregowo ze sobą i zbocznikowane potencjometrem $r_7 = 0,1$ M Ω odgrywają taką samą rolę, jak i lampa L_2 (6H6) w pierwszym stopniu stabilizatora. Napięcie baterii E_2 dobrane zostało 76 woltów. Warunek stabilizacji dla drugiego stopnia wyraża się wzorem:

$$dU_w = r_5 di_L$$

gdzie U_w — jest napięciem wejściowym stopnia drugiego,

i_L — prądem płynącym przez lampę L_5 (6N7).

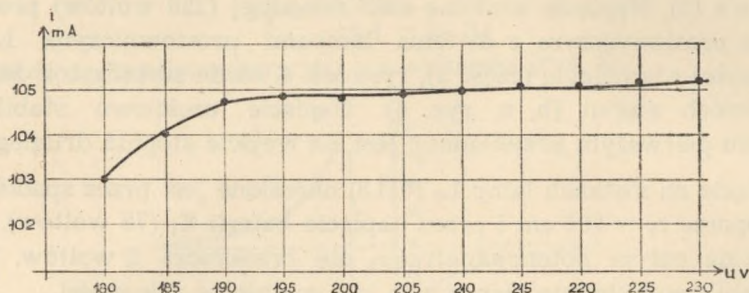
Opory użyte w stabilizatorze zostały nawinięte na rurki porcelanowe o średnicy 2 cm z drutu chromonikielinowego, z wyjątkiem potencjometrów r_4 i r_7 , które były węglowe. Natomiast opór siatkowy lampy 6ЖЛЖ został wykonany napyleniem cienkiej warstewki srebra na rurkę szklaną.

POMIARY

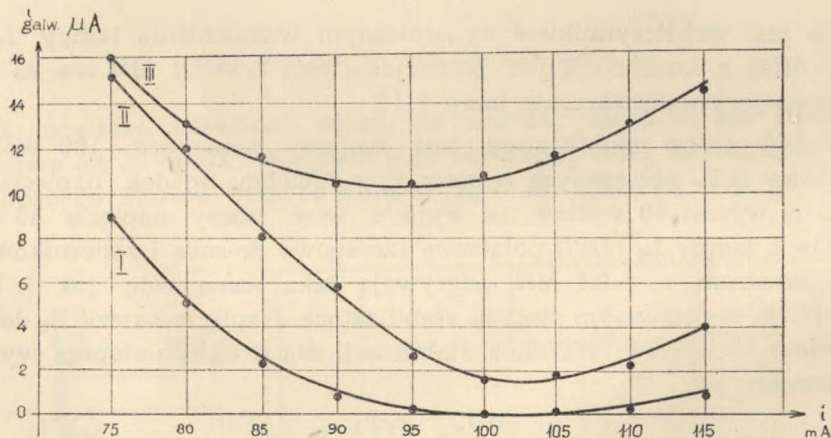
a) Pomiary dla stabilizatora

Charakterystyka stabilności stabilizatora pokazana jest na rysunku 5. Na osi pionowej jest odmierzone natężenie prądu wyjściowego (stabilizowanego), a na osi poziomej napięcie sieci.

Z wykresu widać, że przy zmianie napięcia w sieci o 40 volt (ok. 20%) prąd wyjściowy zmienia się o 0,5 mA na 105 mA (ok. 0,5%). Współczynnik stabilizacji (jako stosunek zmian procentowych) wynosi $2,5 \cdot 10^{-2}$.



Rys. 5. Charakterystyka stabilności stabilizatora

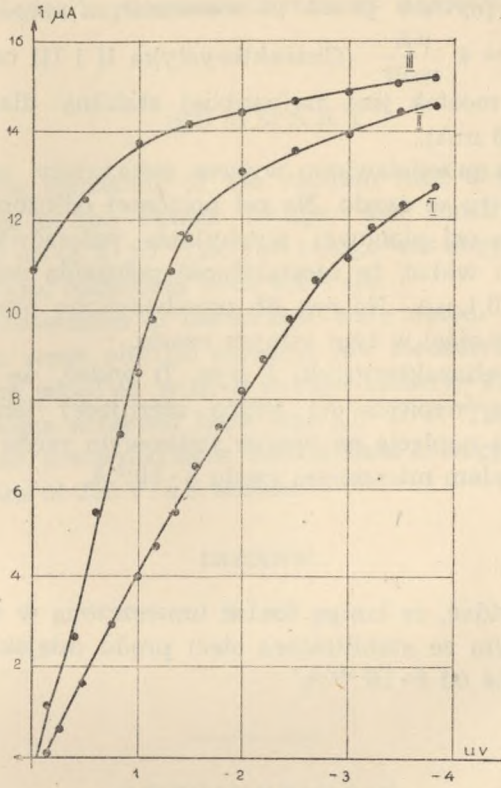


Rys. 6. Charakterystyki stabilności mostka

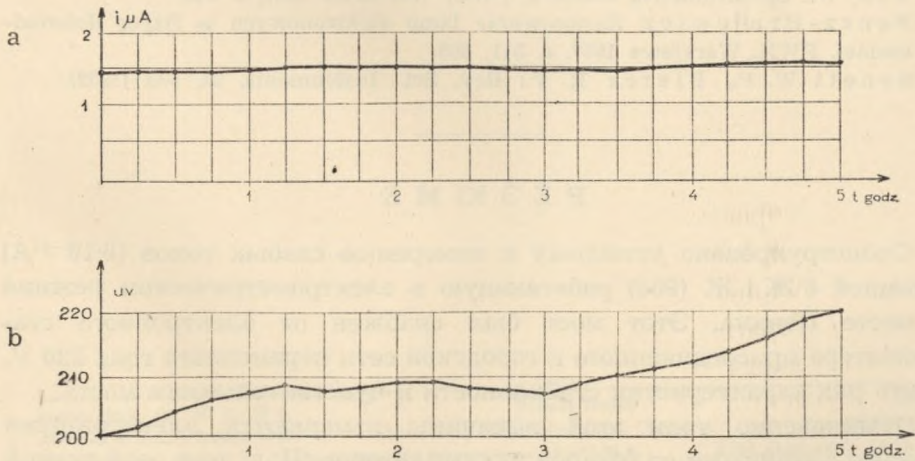
b) Pomiary dla mostka

Charakterystyki stabilności dla skonstruowanego mostka podane są na rys. 6. Na osi poziomej zaznaczono natężenie prądu żarzenia w mA — na pionowej wychylenie wskazówki galwanometru. Krzywa I została zdjęta dla oporu $R_2 = 50$ om, krzywa II dla $R_2 = 30$ om, krzywa III dla $R_2 = 10$ om. Widać, że najbardziej płaska część krzywej I odpowiada zakresowi natężenia prądu żarzenia od 95 mA do 105 mA. Dla tego też zakresu mostek jest najbardziej stabilny. Zakresy stabilności dla krzywych II i III nie odpowiadają warunkom pracy lampy 6ж1ж.

Charakterystyki czułości dla mostka pokazane są na rysunku 7. Na osi poziomej odłożone są napięcia na siatce sterującej, a na osi pionowej



Rys. 7. Charakterystyki czułości mostka



Rys. 8. Zmiany wskazań galwanometru w czasie

nateżenia prądu płynące przez galwanometr. Nachylenie charakterystyki I wynosi $S = 4 \frac{\mu\text{A}}{\text{wolt}}$ (Charakterystyka II i III odpowiada warunkom dla których mostek jest najbardziej stabilny dla prądu żarzenia około 100 mA i 95 mA).

Na rysunku 8a przedstawiono wykres pokazujący zachowanie wskazówki galwanometru w czasie. Na osi poziomej odłożono czas notowany co 15 minut, a na osi pionowej wychylenie wskazówki galwanometru w μA . Z wykresu widać, że niestabilność położenia zerowego galwanometru jest rzędu $0,1 \mu\text{A}$. Na rys. 8b przedstawiono wykres pokazujący zmiany napięcia w sieci w tym samym czasie.

Z nachylenia charakterystyki I (rys. 7) widać, że prądowi $0,1 \mu\text{A}$ odpowiada zmiana napięcia na siatce sterującej lampy 0,025 wolta. Taka sama zmiana napięcia na odporze siatkowym rzędu $3 \cdot 10^{11} \text{ cm}$ może być wywołana prądem mierzonym rzędu $8 \cdot 10^{-14} \text{ A}$.

WNIOSKI

Z pomiarów widać, że lampę 6Ж1Ж umieszczoną w mostku kompensacyjnym zasilanym ze stabilizatora sieci prądu miejskiego można mierzyć prądy większe od $8 \cdot 10^{-14} \text{ A}$.

PIŚMIENNICTWO

1. Penick O. B.: Rev. Sci. Instruments 6, 115, (1935).
2. Żuk W.: Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, vol. VIII, sectio AA, 2, (1953).
3. Żuk W.: Spektrometria Masowa. PWN, Warszawa 1956, s. 380.
4. Boncz-Brujewicz: Zastosowanie lamp elektronowych w fizyce doświadczalnej. PWN, Warszawa 1957, s. 311, 605.
5. Senett W. P., Pierce R. V.: Rev. Sci. Instruments, 23, 534 (1952).

РЕЗЮМЕ

Сконструировано установку к измерению слабых токов ($8 \cdot 10^{-14} \text{ A}$) с лампой 6Ж1Ж (954) работающую в электрометрическом режиме в мосте Пенника. Этот мост был снабжен от электронного стабилизатора присоединенного к городской сети переменного тока 220 V. Снято ряд характеристик стабильности и чувствительности моста.

Обыкновенно токи этой величины измеряются электронными схемами питаемыми от батареи аккумуляторов. Получено этой схемой стабилизацию порядка $2,5 \cdot 10^{-2}$. Это обозначает, что такого типа

стабилизатор возможно использовать также и в других электронных схемах, снабженных переменным током из городской сети.

SUMMARY

The apparatus, consisting of the vacuum tube 954 (6ж1ж), used as electrometer tube in the Penick bridge, was constructed to measure electric currents up to $8 \cdot 10^{-14}$ A. The bridge was supplied with a special stabilization system, connected with 220 V.a.c.

Several characteristics of the bridge were noted.

Usually such weak electric currents are measured by means of an electronic system supplied with a storage-battery. The accuracy of the stabilization system achieved here was $2,5 \cdot 10^{-2}$. This means that the electronic scheme, presented here, can be used to supply similar measure systems by means of 220 V. a.c. source.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF CHEMISTRY
RESEARCH REPORT NO. 100
BY
J. H. GOLDSTEIN AND
R. F. SCHWENKER
PUBLISHED BY THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS
CHICAGO, ILLINOIS, U.S.A.
1955

RESEARCH REPORT NO. 100
BY
J. H. GOLDSTEIN AND
R. F. SCHWENKER
PUBLISHED BY THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS
CHICAGO, ILLINOIS, U.S.A.
1955

RESEARCH REPORT NO. 100
BY
J. H. GOLDSTEIN AND
R. F. SCHWENKER
PUBLISHED BY THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS
CHICAGO, ILLINOIS, U.S.A.
1955

RESEARCH REPORT NO. 100
BY
J. H. GOLDSTEIN AND
R. F. SCHWENKER
PUBLISHED BY THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS
CHICAGO, ILLINOIS, U.S.A.
1955